

PUB-NO: JP02002001569A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002001569 A  
TITLE: LASER BEAM MACHINING DEVICE

PUBN-DATE: January 8, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUNAWA, AKIRA

KATAYAMA, SEIJI

HAYASHI, TOMOTAKA

MURO, MIKIO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KAWASAKI HEAVY IND LTD

ADVANCED MATERIALS PROCESSING INST KINKI JAPAN

APPL-NO: JP2000179436

APPL-DATE: June 15, 2000

INT-CL (IPC): B23 K 26/14; B23 K 26/00; B23 K 26/06; H01 S 3/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser beam machining device allowing a laser output at an irradiation point to be easily and periodically fluctuated while using a continuous oscillation laser beam on the side of an oscillator, enabling the selection of an optimum pulse period, a pulse duration, the composition of atmospheric gas, and atmospheric gas pressure, and obtaining such an improvement in machining quality that the impartation of the capability to adjust oxidation at the irradiation point of the laser beam permits the surface of a machined part to be smoothed.

SOLUTION: In this device, independent gas inlets 8 and 9 varying from such an atmospheric gas to another as helium, nitrogen, etc., are installed in the vicinity of the irradiation point 7 of the laser beam 2, gas stream adjusting mechanisms 10 and 11 are installed on the upstream sides of the gas inlets 8 and 9, and a control mechanism 12 for controlling the mechanisms 10 and 11 is installed to optimize the pulse period, the pulse duration, and the composition and pressure of the atmospheric gas. Periodic fluctuations in the composition of the atmospheric gas permit the laser output or the oxidation at the irradiation point to be periodically fluctuated.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-1569

(P2002-1569A)

(43)公開日 平成14年1月8日(2002.1.8)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
B 2 3 K 26/14		B 2 3 K 26/14	Z 4 E 0 6 8
26/00		26/00	N 5 F 0 7 2
	3 2 0		3 2 0 A
26/06		26/06	A
H 0 1 S 3/00		H 0 1 S 3/00	B
		審査請求 未請求 請求項の数7	OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-179436(P2000-179436)

(22)出願日 平成12年6月15日(2000.6.15)

(71)出願人 000000974

川崎重工株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(71)出願人 596132721

財団法人近畿高エネルギー加工技術研究所

兵庫県尼崎市道意町7丁目1番8

(72)発明者 松縄 朗

大阪府茨木市美穂ヶ丘11番1号 大阪大学

接合科学研究所内

(74)代理人 100104341

弁理士 関 正治

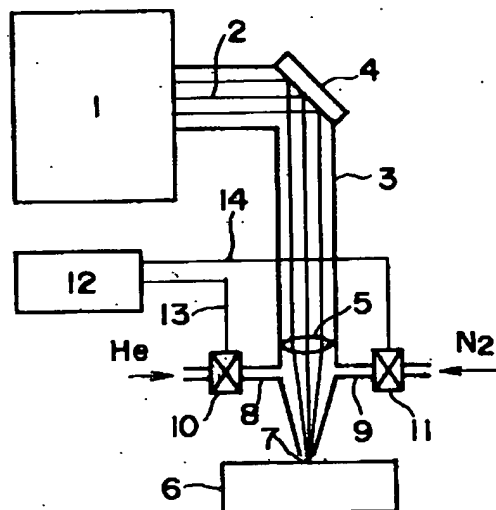
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 レーザ加工装置

## (57)【要約】

【課題】 発振器側は連続発振レーザを用いながら、照射点におけるレーザ出力を容易に周期的に変動させるレーザ加工装置、さらには、最適なパルス周期、パルス幅、雰囲気ガス組成及び雰囲気ガス圧力を選べるレーザ加工装置を提供し、また、レーザの照射点における酸化作用の調整能力を付与し、加工部の表面を平滑化するなど加工品質が向上するレーザ加工装置を提供する。

【解決手段】 レーザビーム2の照射点7の近傍に、ヘリウム、窒素等の雰囲気ガスそれぞれに独立したガス注入口8、9を設け、その上流側にガス流調整機構10、11を設け、さらに、パルス周期、パルス幅、雰囲気ガス組成および雰囲気ガス圧力を最適化するようにガス流調整機構10、11を制御する制御機構12を設けて、雰囲気ガスの組成を周期的に変えることにより照射点におけるレーザ出力または酸化作用を周期的に変動させるようにしたレーザ加工装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 成分の異なる2種類以上の雰囲気ガスの供給量を周期的に変えることを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項2】 前記照射点の近傍にそれぞれ独立したガス注入口が設けられ、該ガス注入口の上流側にそれぞれ独立したガス流調整機構が設けられて、それぞれ前記異なる成分の雰囲気ガスを供給することを特徴とする請求項1記載のレーザー加工装置。

【請求項3】 パルス周期、パルス幅、雰囲気ガス成分および雰囲気ガス圧力を調整するように前記ガス流調整機構を制御する制御機構が設けられたことを特徴とする請求項2記載のレーザー加工装置。

【請求項4】 前記雰囲気ガスを照射レーザー軸に対して同軸に多重に設けたノズルを通じて供給するようにしたことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載のレーザー加工装置。

【請求項5】 成分の異なる2種類以上の雰囲気ガスを周期的に変えることにより照射点におけるレーザー出力を周期的に変動させることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載のレーザー加工装置。

【請求項6】 一方の雰囲気ガスがヘリウムであって、他方の雰囲気ガスがアルゴン、窒素、二酸化炭素及び酸素のいずれかを含むことを特徴とする請求項5記載のレーザー加工装置。

【請求項7】 一方の雰囲気ガスが酸素であって、他方の雰囲気ガスがヘリウム、アルゴン、窒素、および炭酸ガスのいずれかを含み、照射点における酸化作用を調整しながら切断をすることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載のレーザー加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、雰囲気ガス中で加工するレーザー加工装置に関し、特に雰囲気ガスの成分を周期的に変化させる機構を付与することによって、高度なレーザー加工を行うようにした新しいレーザー加工装置に関する。また、特に、高出力の連続レーザーをパルス化して照射点におけるレーザー出力を周期的に変動させるようにしたレーザー光装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】レーザーは、その照射点で得られる高いエネルギー密度や大気中での使用可能性等の利点から、近年、溶接や切断、さらには表面改質等の表面処理まで広く材料加工に利用されるようになった。それに伴い、材料加工に適したCO<sub>2</sub>レーザー、ヨウ素レーザー、YAGレーザー等の高出力化や最適な加工結果を得るための各種関連技術の開発が目覚しく推進されているが、その一方で新たに発生する課題も多い。

【0003】例えば溶接の分野では、深溶込み溶接が高速でできるためレーザー溶接が注目を集めているが、高出

力レーザー加工装置を用いて連続溶接を行うと溶接条件によっては、ビードに気泡が多く残存するいわゆるポロシティが発生して品質が低下したり、強度が低下することが知られている。この対策としては、加工点におけるレーザー出力を周期的に変動させる、すなわち、加工点におけるレーザー出力をパルス化することが、問題を解決するのに有効であることが知られている。レーザーを照射するとそのエネルギーにより加工対象材料の加工点にはその材料が溶けた溶融池ができ、溶融池の中心には深い窪み、すなわち、キーホールが生じる。レーザー出力をパルス化することにより、このキーホールの中をかきまぜて気泡数を減少させ、ポロシティの発生を抑えうるからである。

【0004】加工点におけるレーザー出力をパルス化する方法としては、(1)レーザーの発振器側で出力変動させる、(2)レーザービーム伝送光路にレーザー出力を周期的に変動させるための光の遮断機構を設ける、等の方法が考えられる。しかし、レーザーの発振器側で出力変動させる機構は高価であり、また、材料加工に最も多く使われるCO<sub>2</sub>レーザー等の放電励起レーザーの場合は20kW以上の高出力では発振器側でパルス化することは困難である。また、高出力のレーザービームに対する耐光性を考慮した機械的遮断機構を製作すると、頑丈で大型の装置となり高速度で開閉させることが困難である。

【0005】また、レーザーによる切断加工は、酸素雰囲気中で燃焼作用を利用しながら行うが、高濃度酸素雰囲気中で加工すると厚板も加工できるが切断幅が広がりドロスの発生も多くなる。一方、低濃度酸素雰囲気中でレーザー加工しようとする厚い板を切断することができない。なお、レーザー切断においても切断条件によってはレーザー出力をパルス化することにより、切断面がきれいになる効果が認められている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明が解決しようとする課題は、雰囲気ガスの注入法を工夫することによって加工性能を改善したレーザー加工装置を提供することである。特に、発振器側は連続発振レーザーを用いながら、照射点におけるレーザー出力を容易に周期的に変動させる新しいレーザー加工装置、さらには、最適なパルス周期、パルス幅、雰囲気ガス成分及び雰囲気ガス圧力を選べる高出力レーザー加工装置を提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明のレーザー加工装置は、成分の異なる2種類以上の雰囲気ガスの供給量を周期的に変えることを特徴とする。本発明のレーザー加工装置によれば、加工点付近に供給する雰囲気ガスとして組成の異なる2種類以上のガスを用い、ガス毎に加工条件に応じて量を調整し、周期的に切り替えるようにすることにより、加工の品質をより高めることができる。

【0008】従来、レーザ加工に使用する雰囲気ガスを複合的に使用して加工性能を高めるといった技術的思想はなかった。しかし本発明のレーザ加工装置では、たとえば、レーザで厚板を切断する場合にも、雰囲気ガスを酸素ガスと不活性ガスで切り替えることにより、切断に必要な酸素濃度を確保しながら過剰に燃焼しないようにすることができるので、切断代が小さくドロスが少ない加工ができる。また、不活性ガス雰囲気中でレーザ加工を行う場合にも、シール効果が高いが高価なヘリウムとシール効果に劣るが廉価な炭酸ガスを切り替えて利用することにより、総合的なコストパフォーマンスを向上させることが可能となる。

【0009】さらに、本発明のレーザ加工装置は、雰囲気ガスの成分を周期的に変えることにより照射点におけるレーザ出力を周期的に変動させることができる。本発明は、雰囲気ガスの成分によっては加工点にプラズマが誘起されて成長し、このプラズマがレーザ照射光を遮蔽する働きがあることを利用したもので、レーザ光を遮蔽しない雰囲気ガスと遮蔽する雰囲気ガスを周期的に切り替えることにより、連続出力型レーザ加工装置のパルス化を行う。本発明のレーザ加工装置によれば、レーザ発振器側での出力変動やレーザビーム伝送光路に設ける遮断機構のように、高価かつ技術的に問題の多い方法によらず、安価にかつ技術的に容易に照射点におけるレーザ出力を周期的に変動させ、パルス化することができる。このようにレーザ出力のパルス化をすることにより、例えば溶接の質を向上させることができる。

【0010】レーザ誘起プラズマの発生および挙動、並びに、そのレーザビーム吸収率が雰囲気ガスの種類により大きく異なる現象は、本願発明の発明者等により解明されたものである。発明者等は、キーホールの挙動と加工点から発生するプラズマの挙動の関連性に注目し、加工対象材料と雰囲気ガスを変えて試験溶接を行い、その相関関係を確認した。この研究成果は、既に1998年10月に開催された溶接学会全国大会において「レーザ溶接におけるキーホール挙動とプラズマ挙動の相関」として発表した。その概要は「溶接学会全国大会講演概要第63集( '98-10)」に掲載されている。

【0011】一般にレーザ加工においては、その加工条件に応じてヘリウム、アルゴン、窒素のような不活性ガスや酸素のような反応性ガスを加工点付近に雰囲気ガスとして導入している。前記試験溶接では、所定の雰囲気ガス中において高出力レーザ加工装置で溶接加工を行った際に加工点に生ずるキーホールの挙動とレーザによって誘起され加工点から発生するプラズマの挙動を観察した。試験結果によれば、雰囲気ガスがヘリウムの場合には、図5に示すように、加工対象材料がプラズマ化した金属プラズマが加工点から噴出した状態で維持され、加工点には常に深く大きなキーホールが形成されている。

【0012】一方、アルゴンや窒素を雰囲気ガスとして使用した場合には、図6(a)に示すように、加工点にレーザビームが照射されると深く大きなキーホールが形成され、金属プラズマが噴出する。このとき、金属プラズマに加えて雰囲気ガスであるアルゴンや窒素がプラズマ化し、図6(b)に示すように成長しながら上方に移動する。キーホールは、雰囲気ガスのプラズマの成長に対応して次第に縮小し、ついには消滅する。雰囲気ガスプラズマは、最終的には、レーザビーム伝送光路からはずれて消滅する。レーザビーム伝送光路からプラズマが消滅すると、それに対応して再び図6(a)のように深く大きなキーホールが形成される。

【0013】この現象は周期的に繰り返され、その周期は、レーザ出力、加工対象材料、および雰囲気ガスの種類により定まり、それら条件の組み合わせにより大きく異なる。たとえば、レーザ出力15kWでヘリウム雰囲気の場合は、材質により20msから約315msとなった。また出力が5kWのときに30msのものが、10kWでは10msと短くなることが観測されている。このレーザに誘起されたプラズマの形成は、逆制動輻射のメカニズムによるものと考えられるが、使用する雰囲気ガスによりその形成の状況が異なっている。

【0014】キーホールが上述のように縮小・消滅するのは、形成されたレーザ誘起プラズマがレーザビームを吸収することにより、加工点に到達するレーザ出力を低下させるからである。レーザビームのプラズマによる吸収率はレーザ波長の2乗に比例するので、CO<sub>2</sub>レーザのような長波長(波長10.6μm)の場合は特にプラズマの影響を受けやすい。さらに、雰囲気ガスの種類によりレーザビームのプラズマによる吸収率は大きく異なり、アルゴンや窒素では特に大きく、ヘリウムでは小さい。

【0015】この現象に着目すると、雰囲気ガスとしてアルゴンあるいは窒素のようにそのレーザ誘起プラズマがレーザビーム吸収率の高いガスを用いて、周期的に生成・消滅するプラズマにより照射点におけるレーザ出力をパルスのように変動させる方法が考えられる。しかし、周期的に生成・消滅するプラズマの挙動は雰囲気ガスの種類や加工対象材料により決まり、その結果得られる照射点におけるレーザ出力のパルス周期やパルス幅はそのプラズマの特性により一義的に決定されてしまい、レーザの使用条件、例えば、溶接条件や切断条件に最も適したパルス周期やパルス幅を自由に選ぶことができない。

【0016】そこで、本発明は、レーザ照射光を遮蔽する働きが強い雰囲気ガスと、レーザ光を遮蔽しない雰囲気ガスを周期的に切り替えて使用することにより、連続出力型レーザ加工装置のレーザ出力が加工点に到達する部分でパルス化するようにしたものである。このような手段を使用することにより、高出力レーザ加工装置にも適用することができ、特にレーザ溶接や切断において品

質の高い処理ができるようになった。

【0017】なお、雰囲気ガスとしては、ヘリウム、アルゴン、窒素、二酸化炭素及び酸素の組み合わせ、あるいは、それらの内のいくつかの組み合わせを使用してもよい。これらガスのレーザー誘起プラズマによるレーザービームの吸収の差を用いて照射点におけるレーザー出力をパルス化するためである。また、レーザー照射点の近傍に、それら雰囲気ガスそれぞれに独立したガス注入口が設けられ、そのガス注入口の上流側にそれぞれ独立したガス流調整機構が設けられてもよい。さらに、照射点におけるレーザー出力のパルス周期とパルス幅、および、雰囲気ガス成分と雰囲気ガス圧力を最適化するように、各々の雰囲気ガスのガス流調整機構を制御する制御機構を設けてもよい。

【0018】加工点におけるレーザー出力を周期的に変動させるために、上記現象を利用した機構を適用することにより、高出力レーザー加工装置を構成することがことができる。この構成により、例えば雰囲気ガスとしてヘリウムガスと窒素ガスを照射点に供給する場合で考えると、まず、ヘリウムガスのみ照射点に供給している状態において、窒素ガスのガス流調整機構を操作して窒素ガスを照射点に送り込み、その操作に連動させてヘリウムガスのガス流調整機構を操作してヘリウムガスの供給を止める。一定時間経過後に、窒素ガスのガス流調整機構を操作して窒素ガスの照射点への供給を止め、その操作に連動させてヘリウムガスのガス流調整機構を操作してヘリウムガスを照射点に供給する。このガス流調整機構の操作を、そのときのレーザー出力の使用に最も適した周期で繰り返す。

【0019】ヘリウムガスが照射点に供給されているときは、レーザー誘起プラズマによるレーザービームの吸収はほとんど起こらないが、窒素ガスが照射点に供給されているときには照射点に発生するレーザー誘起プラズマによりレーザービームの吸収され、照射点のレーザー出力が大きく減衰する。この状態を交互に繰り返すことにより、レーザー発振器側が連続発振レーザーであるにもかかわらず、照射対象にとってはあたかもパルスレーザーのごとく作用する。そのパルス周期およびパルス幅は制御機構からの信号により任意に選ぶことができる。このとき、制御機構からガス流調整機構の、例えば開度を調整する信号を同時に送ることにより、そのときのレーザー出力の使用に最も適した雰囲気ガス成分と雰囲気ガス圧力を照射点にもたらしこともできる。

【0020】なお、一方の雰囲気ガスを酸素とし、他方の雰囲気ガスをヘリウム、アルゴン、窒素、炭酸ガスなどの不活性ガスとして、レーザー切断加工装置に適用すれば、照射点における酸化作用を調整しながら切断をすることができ、厚板でも切断代が小さくドロスの少ない加工が可能となる。また、レーザー溶接加工に適用する場合にも、雰囲気ガスを適当に選択し周期的に入れ替えるこ

とにより、溶接部表面が滑らかになり品質の向上が可能である。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明について実施例に基づき図面を参照して詳細に説明する。

【0022】

【実施例1】図1は本発明のレーザー加工装置の第1の実施例の構成を示す説明図である。本実施例は、本発明のレーザー加工装置を高出力レーザー加工装置に適用した場合を示している。その基本構成は、図1に示すように高出力のレーザー発振器1により発振されたレーザービーム2は、レーザービーム伝送光路を構成するダクト3の中を進み、反射鏡4により方向を転じて、集光レンズ5により加工対象材料6の加工点7に集光され、溶接、切断、表面改質等の表面処理を行う。本発明のレーザー加工装置は、CO<sub>2</sub>レーザーなど長波長のレーザーに適用すると特に有効であるが、必ずしもそれに限らず、ヨウ素レーザー、YAGレーザー等各種レーザーに適用することもできる。

【0023】ダクト3の加工点7の近傍には、雰囲気ガスのガス注入口8、9が設けられ、それぞれのガス注入口の上流側には、それぞれ独立したガス流調整機構10、11が設けられている。本実施例では、ガス注入口8からはヘリウムガスが、ガス注入口9からは窒素ガスが注入される場合を示しているが、さらにアルゴンガスや窒素ガスのガス注入口およびガス流調整機構を設けてもよいし、あるいは、ガス注入口8、9へのガス供給源（図示されていない）を切り替えてアルゴンガスや窒素ガスを供給できるようにしてもよい。

【0024】ガス流調整機構10、11は、外部から信号を受けて極めて高速に、例えば10ms以下の時間でガス流を切り替えることができることが好ましい。このため、高速応答型電動バルブやピエゾ素子などを利用してガス流を遮断してもよいし、流体論理素子を使用してガス流を偏向して加工点7近傍に到達しないようにしてもよい。

【0025】ガス流調整機構10、11は、制御機構12からの信号により操作される。例えば、ヘリウムガスを雰囲気ガスとして加工点7に供給している状態では、レーザー光が加工点に到達して加工点付近の溶融池にキーホールが形成されている。この状態で、制御機構12が信号14を送って窒素ガスのガス流調整機構11を操作し、窒素ガスをガス注入口9から加工点7に送り込み、その操作に連動させて信号13を送ってヘリウムガスのガス流調整機構10を操作してヘリウムガスの加工点7への供給を止める。すると、加工点位置に雰囲気ガスプラズマが発生し、発達して上昇しやがて消滅するまでの間、レーザー光を遮断して加工対象に形成されていたキーホールが消滅する。

【0026】一定時間経過後に、制御機構12は信号14を送って窒素ガスのガス流調整機構11を操作して窒

素ガスの照射点7への供給を止め、その操作に連動させて信号13を送ってヘリウムガスのガス流調整機構10を操作しヘリウムガスをガス注入口8から照射点7に供給する。すると、雰囲気ガスがヘリウムと入れ替わり、レーザ光が透過して加工点に到達するようになって、再びキーホールが形成される。

【0027】溶接、切断、あるいは表面処理等の加工内容に最も適したレーザ出力のパルス周期およびパルス幅に応じた周期の設定値を制御機構12に与えるようにすれば、その設定に応じた周期で制御機構12から信号13、14を繰返し出して、ガス流調整機構10、11を周期的に操作することによって、レーザ発振器側が連続発信レーザであっても照射対象である加工対象材料6にとってはあたかもパルスレーザのごとく作用する。こうして、例えば、溶接時のポロシティの発生等の問題を解決することができる。

【0028】また、ガス流調整機構10、11は例えば開度を調整することができるような装置であってもよい。この場合は、制御機構12からガス流調整機構10、11の開度設定を変える信号を送って調整することにより、そのときの加工に最も適した雰囲気ガス成分と雰囲気ガス圧力をコントロールして加工点にもたすことができる。なお、上記説明では、第2の雰囲気ガスとしてヘリウムを使用した、アルゴンや二酸化炭素などプラズマ発生が少ない他の不活性ガスを使用しても良いことはいうまでもない。

【0029】図2は、本実施例に適用するガス注入口の別の例を示す説明図である。加工点の近傍に雰囲気ガスを供給するガス注入口は、図2(a)に示すように、レーザ照射ノズルの根元に設けた供給ノズル15と外側から照射ノズルの先端に向かってガスを吹き付けるようにセットされたサイドノズル16とを利用して良い。通常は、根元の供給ノズル15から本実施例における窒素ガスなど雰囲気ガスとして主要な機能を担う方のガスを供給し、サイドノズル16から本実施例におけるアルゴンガスなど主要ガスの供給を断続させる機能を有するガスを供給する。

【0030】また、図2(b)に示すような同軸多重ノズル17を利用することもできる。同軸多重ノズル17、18は、レーザ光の軸に対して同軸に設置され、レーザノズルの先端部の外周に環状に開口を設けたものである。ノズルの数は切り替えるべき雰囲気ガスの種類に従って決めればよい。どのノズルからどの雰囲気ガスを噴出させるかは、雰囲気ガスの役割に基づいて決めればよく、任意に選択することができる。なお、主要な雰囲気ガスはレーザ照射ノズルの根元に設けられた供給ノズル15を利用して供給することが、比較的閉鎖的な空間に放出することになるので好ましい。

【0031】複数の種類のガスを組み合わせて使用する場合、パルスの時間幅やガス流量の時間に伴う変化パ

ーンはガスの種類や使用目的に応じて適当なものを選択する必要がある。図3は、ノズルから雰囲気ガスを噴出させるときのガス流のパターンを模式的に表したものである。図中左に表したパターンAは供給中は同じ量を供給するもので、雰囲気ガスの作用を急峻に切り替える場合に効果がある。図中中央のパターンBは流量を徐々に増加させまた徐々に減少させるもので、雰囲気ガスの作用を徐々に変化させながら交代させる場合に効果がある。また、図中右に表したパターンCは、切り替え当初は急峻に流量を増加させその後は徐々に減少させるもので、加工点付近の雰囲気を一挙に交換した後は放散される量を補充するようにしたものである。

【0032】

【実施例2】第2の実施例は、本発明のレーザ加工装置を板材の切断加工に用いたものである。本実施例はレーザ加工装置の構成には第1の実施例のものと異なる点はなく、供給する雰囲気ガスを切断の目的に適合するように選択したものに過ぎないので、構成を表す図面は省略する。本実施例では、主たる雰囲気ガスを酸素とし、これを不活性ガスのパルスの供給により時間的に希釈するようにしている。レーザ切断では燃焼による切断促進剤として酸素雰囲気を利用しており、レーザ照射を行っているときに雰囲気ガス中の酸素濃度が不足すると、板材を効率的に切断することができない。一方、常時酸素が供給されている状態では切断面の燃焼作用が過剰に進んで切断幅が大きくなり、ドロスの発生も多くなる。

【0033】本実施例のレーザ加工装置では、レーザ照射により部材を切断するために十分な酸素濃度を確保した上で、雰囲気ガスを周期的に不活性ガスに入れ替えて酸化作用を断続化することにより、部材が過剰に溶融されることを防いでいる。このような作用により、比較的厚い板材でも切断代が小さくなり、ドロスも少なくなり、また切断面が比較的滑らかになるので、切断加工の品位が向上する。このような効果は、酸素ガスを不活性ガスで希釈して供給する方法などによっては得ることができず、周期的な入れ替えにより始めて可能になる。

【0034】図4は、2種類のガスを切り替えて切断加工する場合の雰囲気ガス流量の変化の例を示した図面である。2種類のガスは相互に交代して供給される。通常は一方のガスが供給されているときは、他方のガスは完全に遮断されている。しかし、酸素ガスAを完全に遮断すると切断補助作用が弱くなり過ぎて加工能率が低下する場合がある。このような場合には図4に示すように、酸素ガスA、またはさらに不活性ガスB共に、遮断時にも幾分の流量が残るようにすると良い結果が得られる。

【0035】なお、本実施例のレーザ加工装置は、ある目的に大きな効果を有する雰囲気ガスをそれより効果の小さい雰囲気ガスと周期的に交代させて、一定の効果を確保するために利用することもできる。たとえば、ヘリウムガスとアルゴンガスあるいは窒素ガスを適当に切り

替えて雰囲気ガスを供給するようにすることにより、高価なヘリウムガスの消費量を抑えながら、所定のシール効果を確保することができる。

# 【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ加工装置により、レーザ加工位置に供給する雰囲気ガスを2種類以上準備して、適当な周期で供給を切り替えることにより、より高度なレーザ加工ができるようになった。また、レーザ誘起プラズマの発生および挙動、並びに、そのレーザビーム吸収率が雰囲気ガスの種類により大きく異なる現象を活用することにより、レーザ発振器側での出力変動やレーザビーム伝送光路に設ける遮断機構のように、高価かつ技術的に問題の多い方法によらず、安価にかつ技術的に容易に照射点におけるレーザ出力をパルス化させることができる。

# 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザ加工装置の1実施例の構成を示す説明図である。

【図2】本実施例に適用するガス注入口の例を示す説明図である。

【図3】本実施例において雰囲気ガス流のパターンを表

した模式図である。

【図4】本実施例において異なるガスの流量変化を表した模式図である。

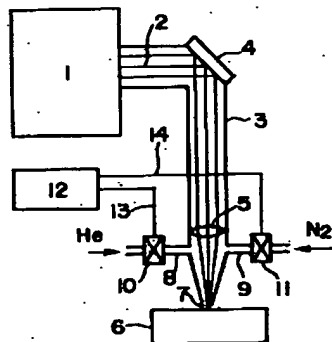
【図5】ヘリウムを雰囲気ガスとした場合のレーザ誘起プラズマの状態を示す説明図である。

【図6】アルゴンや窒素を雰囲気ガスとした場合のレーザ誘起プラズマの挙動を示す説明図である。

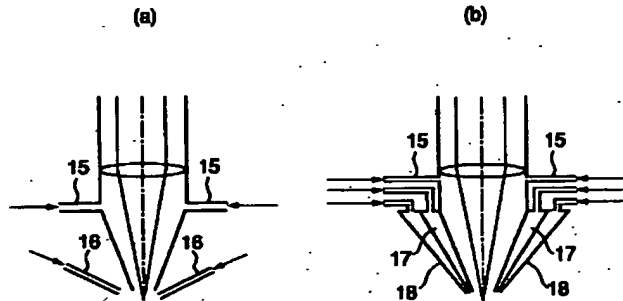
# 【符号の説明】

- 1 レーザ発振器
- 2 レーザビーム
- 3 ダクト
- 4 反射鏡
- 5 集光レンズ
- 6 加工対象材料
- 7 加工点
- 8, 9 ガス注入口
- 10, 11 ガス流調整機構
- 12 制御機構
- 13, 14 信号
- 15, 16 ガス注入口
- 17, 18 同軸多重ノズル

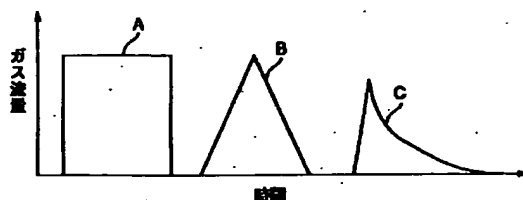
【図1】



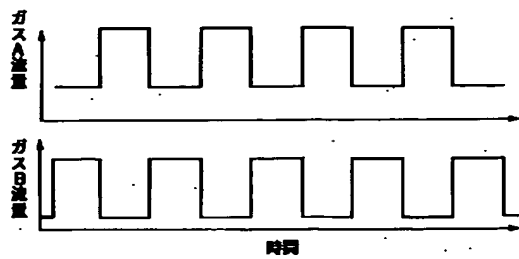
【図2】



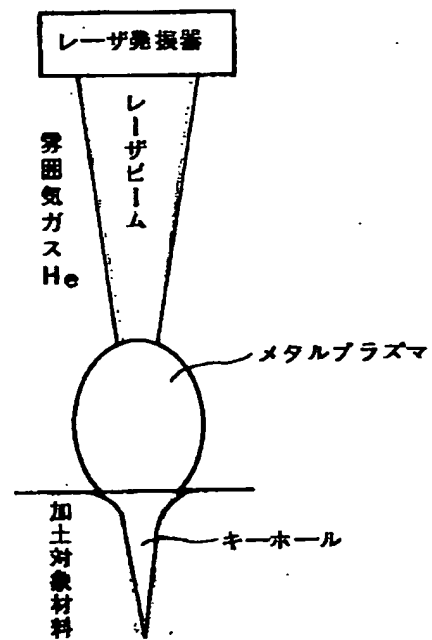
【図3】



【図4】

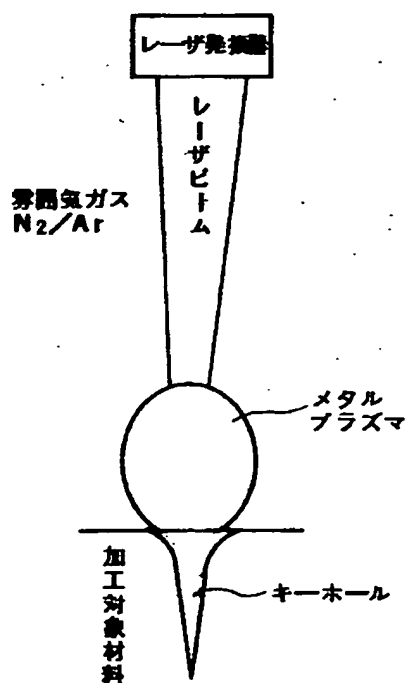


【図5】

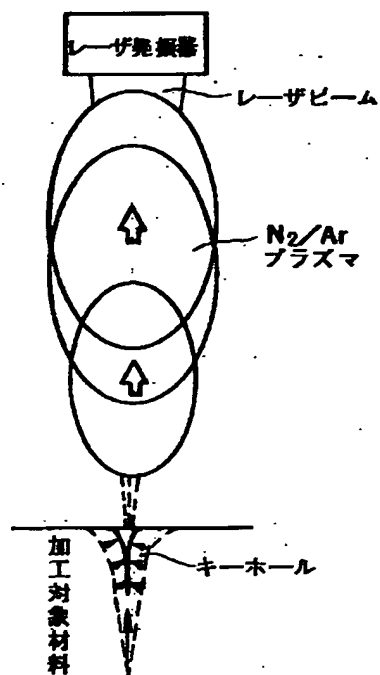


【図6】

(a)



(b)





## フロントページの続き

(72)発明者 片山 聖二  
大阪府茨木市美穂ヶ丘11番1号 大阪大学  
接合科学研究所内  
(72)発明者 林 智隆  
兵庫県尼崎市道意町7丁目1番8 財団法  
人近畿高エネルギー加工技術研究所内

(72)発明者 室 幹雄  
千葉県野田市二ツ塚118番地 川崎重工業  
株式会社野田工場内  
Fターム(参考) 4E068 AE00 CA02 CA03 CA04 CH03  
CH05 CJ01 CJ04 CJ06  
5F072 AA05 JJ08 KK05 MM08 MM09  
SS06 YY06

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the new laser-beam-machining equipment which was made to perform advanced laser beam machining by giving the device in which especially the component of a controlled atmosphere is changed periodically, about the laser-beam-machining equipment processed in a controlled atmosphere. Moreover, it is related with the laser beam equipment pulse-ize [ equipment ] continuation laser of high power and it was made to fluctuate the laser output in an irradiating point periodically especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] Laser came to be used for ingredient processing widely to surface treatment, such as surface treatment, to welding, cutting, and a pan in recent years from advantages, such as a high energy density obtained at the irradiating point, and usability in the inside of atmospheric air. Although development of the various related techniques for obtaining high increase in power and the optimal processing results, such as the CO<sub>2</sub> laser and iodine laser suitable for ingredient processing, and an YAG laser, in connection with it is promoted splendidly, there are also many technical problems newly generated on the other hand.

[0003] For example, in the field of welding, since \*\*\*\*\* welding can be performed at high speed, laser welding attracts attention, but if continuous welding is performed using high power laser-beam-machining equipment, the so-called porosity to which many air bubbles remain in a bead depending on a welding condition occurs, quality deteriorates or it is known that reinforcement will fall. As this cure, the laser output in a processing point is fluctuated periodically, namely, it is known that it is effective in solving a problem to pulse-ize the laser output in a processing point. If laser is irradiated, the molten pool where the ingredient melted into the processing point of the ingredient for processing with the energy will be made, and a deep hollow, i.e., a keyhole, will be generated in the core of a molten pool. By pulse-izing a laser output, it is because the inside of this keyhole is stirred, the number of air bubbles is decreased and generating of porosity can be pressed down.

[0004] Approaches, such as preparing the breaker style of the light for fluctuating a laser output periodically to (2) laser-beam transmission optical path which carries out output fluctuation of the laser output in a processing point by the oscillator side of (1) laser as an approach of pulse-izing, can be considered. However, in the case of discharge excitation laser, such as a CO<sub>2</sub> laser that to ingredient processing used at an expensive price by the device which carries out output fluctuation by the oscillator side of laser, in high power 20kW or more, it is difficult to pulse-ize by the oscillator side. [ most ] Moreover, if the mechanical breaker style in consideration of the lightfastness over the laser beam of high power is manufactured, it is difficult to become strong and large-sized equipment and to make it open and close at high speed.

[0005] Moreover, although cutting processing by laser is performed using a combustion operation in an oxygen ambient atmosphere, if it is processed in a high concentration oxygen ambient atmosphere, a thick plate is processible, and cutting width of face of generating of breadth dross increases. On the

other hand, a thick plate cannot be cut if it is going to carry out laser beam machining in a low concentration oxygen ambient atmosphere. In addition, the effectiveness that a cutting plane becomes beautiful is accepted by pulse-izing a laser output depending on cutting conditions also in laser beam cutting.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, the technical problem which this invention tends to solve is offering the laser-beam-machining equipment which has improved workability ability by devising the method of pouring in a controlled atmosphere. Especially an oscillator side is offering the high power laser-beam-machining equipment from which the new laser-beam-machining equipment which fluctuates the laser output in an irradiating point periodically easily, the still more nearly optimal pulse period, pulse width, a controlled atmosphere component, and the ambient-gas-pressure force can be chosen, using continuous wave laser.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the laser-beam-machining equipment of this invention is characterized by changing periodically the amount of supply of two or more kinds of controlled atmospheres with which components differ. According to the laser-beam-machining equipment of this invention, the quality of processing can be raised more by adjusting an amount according to processing conditions for every gas, and making it change periodically using two or more kinds of gas by which presentations differ as a controlled atmosphere supplied near a processing point.

[0008] There was no technical thought of raising workability ability conventionally, using complexly the controlled atmosphere used for laser beam machining. However, with the laser-beam-machining equipment of this invention, since it can avoid burning superfluously for example, also when laser cuts a thick plate, securing an oxygen density required for cutting by changing an ambient atmosphere with oxygen gas and inert gas, processing with little dross with a small cutting margin can be performed. Moreover, also when performing laser beam machining in an inert gas ambient atmosphere, although the seal effectiveness is high and it is inferior to expensive helium and the seal effectiveness, it becomes possible by changing and using cheap carbon dioxide gas to raise synthetic cost performance.

[0009] Furthermore, the laser-beam-machining equipment of this invention can fluctuate the laser output in an irradiating point periodically by changing the component of a controlled atmosphere periodically. This invention performs pulse-ization of consecutive output mold laser-beam-machining equipment by carrying out induction of the plasma to a processing point depending on the component of a controlled atmosphere, growing up, and changing periodically the controlled atmosphere which is a thing using there being work to which this plasma covers laser radiation light, and does not cover a laser beam, and the controlled atmosphere to cover. According to the laser-beam-machining equipment of this invention, like the breaker style prepared in the output fluctuation by the side of a laser oscillator, or a laser beam transmission optical path, it is not based on an approach with many problems at an expensive price and technically, but cheaply, the laser output in an irradiating point is fluctuated periodically, and can be pulse-ized easily technically. Thus, the quality of welding can be raised by carrying out pulse-ization of a laser output.

[0010] The phenomenon in which the laser beam absorption coefficient changes greatly with classes of controlled atmosphere in generating and behavior of the laser induction plasma, and a list is solved by the artificer of the invention in this application etc. Paying attention to the relevance of the behavior of a keyhole, and the behavior of the plasma generated from a processing point, the artificer etc. changed the ingredient for processing, and the controlled atmosphere, performed test welding, and checked the correlation. This research result was announced as "correlation of the keyhole behavior in laser welding, and plasma behavior" at the Japan Welding Society national conference already held in October, 1998. The outline is carried by "the Japan Welding Society national conference lecture outline 63rd collection ('98-10)."

[0011] Generally in laser beam machining, inert gas like helium, an argon, and nitrogen and reactant gas like oxygen are introduced near a processing point as a controlled atmosphere according to the

processing condition. In said test welding, when high power laser-beam-machining equipment performed welding processing into a predetermined controlled atmosphere, the behavior of the plasma which induction is carried out and is generated from a processing point with the behavior and laser of a keyhole which are produced at a processing point was observed. According to the test result, when a controlled atmosphere is helium, as shown in drawing 5, it is maintained after the metal plasma which the ingredient for processing plasma-ized has spouted from the processing point, and the deep big keyhole is formed in the processing point.

[0012] On the other hand, when an argon and nitrogen are used as a controlled atmosphere, if a laser beam is irradiated by the processing point as shown in drawing 6 (a), a deep big keyhole will be formed and the metal plasma will spout. At this time, in addition to the metal plasma, the argon and nitrogen which are a controlled atmosphere plasma-ize, and it moves up, growing up, as shown in drawing 6 (b). a keyhole -- growth of the plasma of a controlled atmosphere -- corresponding -- gradually -- reducing -- just -- being alike -- it disappears. Eventually, the controlled atmosphere plasma is shifted and extinguished from a laser beam transmission optical path. If the plasma is extinguished from a laser beam transmission optical path, corresponding to it, a deep big keyhole will be again formed like drawing 6 (a).

[0013] This phenomenon is repeated periodically, and that period becomes settled according to a laser output, the ingredient for processing, and the class of controlled atmosphere, and changes greatly with combination of these conditions. For example, in the case of the helium ambient atmosphere, it had been 20 to about 315ms according to construction material by 15kW of laser outputs. Moreover, when an output is 5kW, it is observed that the thing for 30ms becomes short with 10ms in 10kW. Although it is thought that the formation of the plasma by which induction was carried out to this laser is based on the mechanism of reverse braking radiation, the situation of that formation changes with controlled atmospheres to be used.

[0014] When the formed laser induction plasma absorbs a laser beam, a keyhole contracts and disappears as mentioned above because the laser output which reaches a processing point is reduced. Since the absorption coefficient by the plasma of a laser beam is proportional to the square of laser wavelength, especially in the case of long wavelength (wavelength of 10.6 micrometers) like a CO<sub>2</sub> laser, it tends to be influenced of the plasma. Furthermore, the absorption coefficient by the plasma of a laser beam changes greatly with classes of controlled atmosphere, and it is large with an argon or especially nitrogen, and small with helium.

[0015] If its attention is paid to this phenomenon, like an argon or nitrogen as a controlled atmosphere, that laser induction plasma uses gas with a high laser beam absorption coefficient, and how to fluctuate the laser output in an irradiating point in pulse by the plasma generated and extinguished can be considered periodically. however, the behavior of the plasma generate and extinguish periodically be decide with the class and the ingredient for processing of a controlled atmosphere, and the pulse period and the pulse width of a laser output in the irradiate point acquire as a result will be uniquely determine by the property of the plasma, and cannot choose freely the pulse period or the pulse width which be most suitable for the service condition of laser, for example, a welding condition and cutting conditions.

[0016] Then, when the work which covers laser radiation light uses a powerful controlled atmosphere and the controlled atmosphere which does not cover a laser beam, changing it periodically, the laser output of consecutive output mold laser-beam-machining equipments [ pulse-] made toize this invention in the part which reaches a processing point. It can apply also to high power laser-beam-machining equipment, and came to be able to perform high processing of quality especially in laser welding and cutting by using such a means.

[0017] In addition, as a controlled atmosphere, some combination the combination of helium, an argon, nitrogen, a carbon dioxide, and oxygen or of them may be used. It is for pulse-izing the laser output in an irradiating point using the difference of absorption of the laser beam by the laser induction plasma of these gas. Moreover, insufflation opening which became independent to each of these controlled atmospheres may be prepared in the laser radiation neighborhood of a point, and the gas stream

adjustment device in which it became independent to the upstream of the insufflation opening, respectively may be established. Furthermore, the controlling mechanism which controls the gas stream adjustment device of each controlled atmosphere may be established so that the pulse period, the pulse width, and a controlled atmosphere component and the ambient-gas-pressure force of the laser output in an irradiating point may be optimized.

[0018] In order to fluctuate the laser output in a processing point periodically, things can perform constituting high power laser-beam-machining equipment by applying the device using the above-mentioned phenomenon. If gaseous helium and nitrogen gas are considered and seen by the case where an irradiating point is supplied, as a controlled atmosphere by this configuration, first, in the condition of supplying the irradiating point, the gas stream adjustment device of nitrogen gas is operated, and only gaseous helium will send nitrogen gas into an irradiating point, will be interlocked with that actuation, will operate the gas stream adjustment device of gaseous helium, and will stop supply of gaseous helium. After fixed time amount progress, the gas stream adjustment device of nitrogen gas is operated, supply at the irradiating point of nitrogen gas is interlocked with a stop and its actuation, the gas stream adjustment device of gaseous helium is operated, and gaseous helium is supplied to an irradiating point. Actuation of this gas stream adjustment device is repeated with the period which was most suitable for the activity of the laser output at that time.

[0019] Although absorption of the laser beam by the laser induction plasma hardly takes place when gaseous helium is supplied to the irradiating point, when nitrogen gas is supplied to the irradiating point, a laser beam is absorbed by the laser induction plasma generated at an irradiating point, and the laser output of an irradiating point declines greatly. Although a laser oscillator side is continuous wave laser by repeating this condition by turns, for the object for an exposure, it acts like a pulse laser. it has come out of the pulse period and pulse width to choose it as arbitration with the signal from a controlling mechanism. At this time, the controlled atmosphere component and the ambient-gas-pressure force of having been most suitable for the activity of the laser output at that time can also be brought to an irradiating point by sending simultaneously the signal which adjusts the opening of a gas stream adjustment device from a controlling mechanism.

[0020] In addition, if one controlled atmosphere is made into oxygen and the controlled atmosphere of another side is applied to laser-beam-cutting processing equipment as inert gas, such as helium, an argon, nitrogen, and carbon dioxide gas, it can cut adjusting the oxidation in an irradiating point, and will become possible [ a thick plate ] for little processing of dross with a small cutting margin. Moreover, also when applying to laser-welding processing, by choosing a controlled atmosphere suitably and replacing it periodically, a weld zone front face becomes smooth and improvement in quality is possible.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained to a detail with reference to a drawing based on an example.

[0022]

[Example 1] Drawing 1 is the explanatory view showing the configuration of the 1st example of the laser-beam-machining equipment of this invention. This example shows the case where the laser-beam-machining equipment of this invention is applied to high power laser-beam-machining equipment. The inside of the duct 3 which constitutes a laser beam transmission optical path is progressed, a direction is changed with a reflecting mirror 4, it is condensed by the processing point 7 of the ingredient 6 for processing with a condenser lens 5, and the laser beam 2 oscillated with the laser oscillator 1 of high power as the basic configuration was shown in drawing 1 performs surface treatment, such as welding, cutting, and surface treatment. Although the laser-beam-machining equipment of this invention is effective especially if it is applied to the laser of long wavelength, such as a CO2 laser, it is also not necessarily applicable to various laser, such as not only it but iodine laser, an YAG laser, etc.

[0023] Near the processing point 7 of a duct 3, the insufflation openings 8 and 9 of a controlled atmosphere are formed, and the gas stream adjustment devices 10 and 11 in which it became independent, respectively are formed in the upstream of each insufflation opening. Although gaseous

helium shows the case where nitrogen gas is poured in, from the insufflation opening 9, it may establish insufflation opening and the gas stream adjustment device of argon gas or nitrogen gas further, or changes the source of gas supply to the insufflation openings 8 and 9 (not shown), and may enable it to supply argon gas and nitrogen gas from the insufflation opening 8 in this example.

[0024] As for the gas stream regulatory mechanisms 10 and 11, it is desirable that a gas stream can be extremely changed from the exterior to a high speed by the time amount for 10 or less ms in response to a signal. For this reason, a gas stream may be intercepted using a high-speed response mold electric bulb, a piezo-electric element, etc., a gas stream is deflected using a fluid logic device, and you may make it not reach about seven processing point.

[0025] The gas stream adjustment devices 10 and 11 are operated by the signal from a controlling mechanism 12. For example, in the condition of supplying the processing point 7 by making gaseous helium into a controlled atmosphere, a laser beam reaches a processing point and the keyhole is formed in the molten pool near a processing point. In this condition, a signal 14 is sent, and a controlling mechanism 12 operates the gas stream adjustment device 11 of nitrogen gas, sends nitrogen gas into the processing point 7 from the insufflation opening 9, makes it that actuation interlocked with, sends a signal 13, operates the gas stream adjustment device 10 of gaseous helium, and stops supply at the processing point 7 of gaseous helium. Then, a laser beam is intercepted and the keyhole currently formed in the object for processing disappears until the controlled atmosphere plasma occurs in a processing point location, it develops into it, it goes up and it disappears soon.

[0026] After fixed time amount progress, a controlling mechanism 12 sends a signal 14, it operates the gas stream adjustment device 11 of nitrogen gas, interlocks supply at the irradiating point 7 of nitrogen gas with a stop and its actuation, sends a signal 13, operates the gas stream adjustment device 10 of gaseous helium, and supplies gaseous helium to the irradiating point 7 from the insufflation opening 8. Then, a controlled atmosphere replaces helium, and a laser beam penetrates, it comes to reach a processing point, and a keyhole is formed again.

[0027] If the set point of the period according to the pulse period and pulse width of a laser output which were most suitable for the contents of processing, such as welding, cutting, or surface treatment, is given to a controlling mechanism 12 By beginning to repeat signals 13 and 14 from a controlling mechanism 12 with the period according to the setting out, and operating the gas stream adjustment devices 10 and 11 periodically Even if a laser oscillator side is continuously-transmitting laser, for the ingredient 6 for processing which is an object for an exposure, it acts like a pulse laser. In this way, for example, problems, such as generating of the porosity at the time of welding, are solvable.

[0028] Moreover, the gas stream adjustment devices 10 and 11 may be equipment which can adjust an opening. In this case, by sending and adjusting the signal which changes opening setting out of the gas stream adjustment devices 10 and 11 from a controlling mechanism 12, the controlled atmosphere component and the ambient-gas-pressure force of having been most suitable for processing at that time can be controlled, and a processing point can be brought. In addition, although helium was used as the 2nd controlled atmosphere in the above-mentioned explanation, it cannot be overemphasized that other inert gas with little plasma generating, such as an argon and a carbon dioxide, may be used.

[0029] Drawing 2 is the explanatory view showing another example of insufflation opening applied to this example. As shown in drawing 2 (a), the side nozzle 16 set so that gas might be sprayed toward the head of an exposure nozzle from the supply nozzle 15 and outside which were established in the bottom of a laser exposure nozzle may be used for insufflation opening which supplies a controlled atmosphere to the processing neighborhood of a point. Usually, the gas of the direction which bears functions main as controlled atmospheres, such as nitrogen gas in this example, from the supply nozzle 15 of a bottom is supplied, and the gas which has the function to make supply of main gas, such as argon gas in this example, intermittent from the side nozzle 16 is supplied.

[0030] Moreover, the coaxial multiplex nozzle 17 as shown in drawing 2 (b) can also be used. The coaxial multiplex nozzles 17 and 18 are installed in the same axle to the shaft of a laser beam, and prepare opening in the periphery of the point of a laser nozzle annularly. What is necessary is just to decide the number of nozzles according to the class of controlled atmosphere which should be changed.

It can be chosen from which nozzle as arbitration that what is necessary is just to decide based on the role of a controlled atmosphere which controlled atmosphere is gushed. In addition, since supplying using the supply nozzle 15 prepared in the bottom of a laser exposure nozzle will emit main controlled atmospheres to space [ exclusive / comparatively ], they are desirable.

[0031] When using it combining the gas of two or more classes, the change pattern accompanying the time amount of the time amount width of face of a pulse or a quantity of gas flow needs to choose a suitable thing according to the class and the purpose of using gas. Drawing 3 expresses typically the pattern of the gas stream when gushing a controlled atmosphere from a nozzle. During supply, the pattern A which expressed to \*\*\*\*\* supplies the same amount, and when changing an operation of a controlled atmosphere steeply, it is effective. It is made to increase gradually and the pattern B of the center of the inside of drawing decreases a flow rate gradually again, and when making it take the place, changing an operation of a controlled atmosphere gradually, it is effective. Moreover, the pattern C which expressed to drawing Nakamigi makes a flow rate increase by steeply at the beginning of a change, and is decreased gradually after that, and after exchanging the ambient atmosphere near a processing point at once, the amount by which stripping is carried out is filled up.

[0032]

[Example 2] The 2nd example uses the laser-beam-machining equipment of this invention for cutting processing of a plate. Since it is what [ only ] was chosen so that there might be no point that this example differs from the thing of the 1st example in the configuration of laser-beam-machining equipment and the object of cutting of the controlled atmosphere to supply might be suited, the drawing showing a configuration is omitted. He makes a main controlled atmosphere into oxygen, and is trying to dilute this with this example in time by pulse-supply of inert gas. In laser beam cutting, the oxygen ambient atmosphere is used as a cutting accelerator by combustion, and if the oxygen densities in a controlled atmosphere run short while performing laser radiation, a plate cannot be cut efficiently. On the other hand, in the condition that oxygen is always supplied, a combustion operation of a cutting plane progresses superfluously, cutting width of face becomes large, and generating of dross also increases.

[0033] With the laser-beam-machining equipment of this example, it has prevented carrying out melting of the member superfluously by changing a controlled atmosphere to inert gas periodically, and intermittence-izing the oxidation, after securing sufficient oxygen density, in order for laser radiation to cut a member. Since a cutting margin becomes small, and dross of a comparatively thick plate also decreases and a cutting plane becomes comparatively smooth according to such an operation, the grace of cutting processing improves. Such effectiveness cannot be acquired by the approach of diluting and supplying oxygen gas with inert gas etc., but is begun by periodic exchange, and becomes possible.

[0034] Drawing 4 is the drawing in which the example of change of the controlled atmosphere flow rate in the case of changing two kinds of gas and carrying out cutting processing was shown. Two kinds of gas is changed and supplied mutually. Usually, when the gas which is one side is supplied, the gas of another side is intercepted thoroughly. However, if oxygen gas A is intercepted thoroughly, a cutting auxiliary operation becomes weak too much, and processing efficiency may fall. In such a case, as shown in drawing 4 , a good result will be obtained by it if it is made for the flow rate for how many minutes to remain in oxygen gas A or a pan also at the time of cutoff in inert gas B.

[0035] In addition, the laser-beam-machining equipment of this example makes a controlled atmosphere with effectiveness smaller than it, and a periodic target change the controlled atmosphere which has big effectiveness for a certain object, and it can also be used in order to secure fixed effectiveness. For example, the predetermined seal effectiveness is securable, stopping the consumption of expensive gaseous helium by changing suitably gaseous helium, argon gas, or nitrogen gas, and making it supply an ambient atmosphere.

[0036]

[Effect of the Invention] As explained above, it came to be able to perform more advanced laser beam machining by preparing two or more kinds of controlled atmospheres supplied to a laser-beam-machining location, and changing supply a suitable period with the laser-beam-machining equipment of

this invention. moreover, it cannot be base on an approach with many problems at an expensive price and technically, but the laser output in an irradiate point can be make to pulse-ize easily technically cheaply like the breaker style prepare in the output fluctuation by the side of a laser oscillator, or a laser beam transmission optical path by utilize for generating and behavior of a laser induction plasma, and a list the phenomenon in\_ which of the laser beam absorption coefficient change greatly with classes of controlled atmosphere.

---

[Translation done.]